

نشریه مهندسی عمران فردوسی

https://civil-ferdowsi.um.ac.ir/


انجمن بتن ایران



انجمن مهندسی روسازی ایران

شناسایی پهنه های تراوا در معدن مس تخت‌گنبد با استفاده از درصد جریان آب بازگشت حفاری *

مقاله پژوهشی

فرشته موحدی(1) رضا جهانشاهی(2) ناصر اسدی(3) سپیده مالی(4)

DOI: 10.22067/jfcei.2023.80400.1205

چکیده *این پژوهش در محدوده معدنی معدن روباز مس تخت گنبد در استان کرمان و 80 کیلومتری شمال شرق سیرجان انجام شده است. از دیدگاه ساختاری این محدوده در کمان ماگمایی ارومیه - دختر قرار دارد. این معدن در حال حاضر در سال‌های ابتدایی استخراج ماده معدنی است. در محدوده اطراف پیت معدن تعداد 69 عدد گمانه اکتشافی در واحدهای سنگی حفر شده است و در حین حفاری، مقادیر درصد جریان آب بازگشت حفاری برداشت شده است. لازم است شناسایی پهنه های با تراوایی بیشتر در واحدهای سنگی منطقه به منظور انجام طرح زهکشی در آینده، انجام گیرد. بنابراین جهت رسیدن به این هدف در این تحقیق از روش‌های زمین آمار و شبیه سازی استفاده شده است. نتایج بررسی آمار مقدماتی نشان می‌دهد در منطقه مورد مطالعه درصد جریان آب بازگشت حفاری با افزایش عمق، یک روند افزایشی دارند. همچنین بررسی پیوستگی مکانی این متغیر بر اساس تغییرنمای جهت و مدل کروی نشان داد پیوستگی مکانی آن حدودا برابر با 252 متر می‌باشد و پیوستگی آن در جهت شرقی – غربی بیشتر از جهات دیگر است. همچنین شبیه سازی زمین آماری به روش گوسی این متغیر نشان می‌دهد مناطق شمال شرقی و جنوب غربی معدن احتمالا دارای پهنه های با تراوایی بیشتر می باشند.*

واژه‌های کلیدی ایران، جریان آب بازگشت حفاری، زمین‌آمار، شبیه‌سازی گاوسی، نفوذپذیری

Identification of the Permeable Zones in the Takht-e-Gonbad Copper Mine Using the Flush Return

Fereshteh Movahedi   Reza Jahanshahi   Naser Asadi, Sepideh Mali

Abstract *This research was carried out in Takht-e-Gonbad open pit copper mine in Kerman province, located in 80 km northeast of Sirjan. According to structural geology, this area is located in the Urumieh-Dokhtar Magmatic Arc. This mine is currently in the early years of mineral extraction. The 69 exploration boreholes have been drilled in rock units around the mine pit in which the flush return percentage during drilling were also collected. It is necessary to identify areas with higher permeability in the rock units to design the dewatering plan in the future, so that, geostatistics and simulation methods were used to analyze the flush return. The results of the preliminary statistics show the percentage of the flush return increases with depth. Investigating the spatial continuity of this variable based on the variograms and the spherical model shows that its spatial continuity is about 252 meters, with dominant elongation at the east-west direction. Furthermore, the northeast and southwest portions of the mine are observed to have the largest permeability using the geostatistical simulations by the Gaussian method.*

Key Words Flush return, Gaussian simulation, Geostatic, Iran, Permeability.

* تاریخ دریافت مقاله 1401/10/13 و تاریخ پذیرش آن 1402/3/28 می‌باشد.

(1) دانشجوی کارشناسی ارشد آب‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان

(2) نویسنده مسئول: دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان

Email: jahanshahireza@science.usb.ac.ir

(3) استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان

(4) دانشجوی دکتری آب‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود

مقدمه

محل و مقدار آب ورودی به پیت معادن غالبا وابسته به مناطق با تراوایی بالا است که در درون واحدهای سنگی منطقه گسترش یافته‌اند. لذا شناسایی لایه و پهنه‌های تراوا جهت کنترل آب ورودی به معدن و جانمایی چاه‌های زهکشی ضروری می‌باشد یکی از ویژگی‌های سنگ متخلخل تراوایی است که نشان‌دهنده‌ی قابلیت سنگ در انتقال شاره‌ها می‌باشد [1]. شناسایی زون‌های تراوا با استفاده از روش‌های زمین‌آمار خصوصیات هیدرودینامیکی و فیزیکی سنگ‌ها نیز انجام می‌گیرد. روش‌های زمین‌آمار به‌طور وسیعی برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی آبخوان و بررسی عدم قطعیت پارامترهای هیدروژئولوژیکی و ژئوتکنیک استفاده شده‌اند. برخی از پژوهش‌های مرتبط به زمین آمار عبارتند از [2، [3]، [4]، [5]، [6]، [7]، [8]، [9]، [10]، [11].

در آهک آسماری در محل سد کارون 4 دو متغیر لوژان و شاخص کیفیت سنگ به عنوان شاخص گسترش کارست انتخاب کردند. متغیرهای شاخص کیفیت سنگ و لوژان به عنوان معیار گسترش کارست در نظر گرفته شدند و برای شبیه‌سازی احتمالاتی در گسترش کارست استفاده شده‌اند. نتایج ایشان نشان داد که جناح چپ و پایه سد بیشترین پتانسیل را برای گسترش کارست نسبت به جناح راست دارند همچنین یک رابطه ضعیف بین مقادیرشاخص کیفیت سنگ و لوژان دیده شد [6].

در یکی از میادین نفتی جنوب غربی ایران با استفاده از مدل زمین‌آماری، توزیع فضایی تراوایی تخمین زده شده است. نتایج حاصل از چاه آزمایی و مدل نمودن توزیع فضایی تخلخل و تراوایی میدان مورد مطالعه را به صورت نقشه‌های دوبعدی و سه‌بعدی تخلخل و تراوایی نشان داده‌اند. نتایج مطالعه نشان داده است که میزان تخلخل میدان پایین است و تولید 7 چاه، از طریق شکاف‌های عمودی قطع کننده چاه‌ها، انجام می‌گیرد. با توجه به نقشه‌های دو بعدی وسه بعدی، تراوایی قسمت‌های غربی و شمال غربی میدان، از موقعیت اقتصادی خوبی برخوردار بوده و در این بخش‌ها ریسک عملیاتی بسیار کمتر است و برنامه توسعه میدان باید بر روی این قسمت از میدان تمرکز یابد. همچنین پیشنهاد شده، به صورت افقی چاه‌های جدید حفاری شود، تا نتیجه بهتری به دست آید [2].

در یک ناحیه رسوبی و گسل خورده ویژگی‌های محلی شیمی آب را بر اساس زمین‌آمار در منطقه هورونوب، واقع در شمال ژاپن، مورد بررسی قرار گرفته است. آنها توانستند به وسیله تکنیک‌های زمین‌آماری و شبیه‌سازی گوسی متوالی و واریوگرامی مرز بین آب‌های شور و شیرین را شناسایی کنند [7].

تخمین نفوذپذیری معادل در امتداد محور تونل امیرکبیر را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی مطالعه شده است. در این بررسی سعی شده است با کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی، نفوذپذیری معادل در امتداد محور تونل انتقال آب سد امیرکبیر، تخمین زده شود. بدین منظور با استفاده از اطلاعات حاصل از حفر 12 گمانه و انجام حدود 100 تست فشار آب (لوژان)، مقدار نفوذپذیری توده سنگ در امتداد محور تونل با شبکه عصبی RBF (شبکه‌های با توابع پایه شعاعی) تخمین زده شود. مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از شبکه عصبی RBF با نتایج حاصل از معادلات تحلیلی حاکم بر نفوذ آب‌های زیرزمینی به تونل، مؤید دقت قابل‌قبول نتایج حاصل از شبکه‌های RBF است. نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها توسط شبکه‌های طراحی‌شده نشان می‌دهند که دامنه تغییرات نفوذپذیری در امتداد محور تونل تغییر می‌کند،که با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی موجود، اغلب واحدهای موردنظر به‌جز زون‌های خردشده و گسله‌دار، مشکل عمده‌ای ازنظر میزان آب ورودی به تونل نخواهند داشت [5].

در سنگ‌های کریستالی و دگرگونی غرب آفریقا به منظور تخمین قابلیت انتقال در شکستگی‌های آبخوان سنگی از روش‌های زمین‌آمار استفاده شده است. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که زمین‌آمار یک روش مفید در تخمین پارامترهای قابلیت انتقال در این منطقه است [9].

در محور سد مخزنی ایوشان در استان گلستان آزمایشات نفوذپذیری لوژان را در 13 گمانه اکتشافی انجام شده است که بر اساس ارتباط دهی آن ها با شاخص کیفیت سنگ، درصد بازیابی مغزه های سنگ و لوژان نشان از آب بندی کامل مصالح کنگلومرایی در محدوده محور سد دارد [3].

در آبخوان اسفاکس در جنوب شرقی تونس برای بهینه‌سازی شبکه نظارت برآب زیرزمینی از روش‌های زمین‌آمار و نرم افزار زمین‌آمار ایساتیس استفاده شده است. روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل داده‌ها شامل مدل‌سازی، تغییرنما، صحت‌سنجی متقاطع، تخمین و درون‌یابی در این آبخوان بکار گرفته شد. نتایج نشان دادند که تکنیک‌های زمین‌آماری یک ابزار قدرتمند در پیش‌بینی توزیع مکانی ارتفاع ستون آب درون پیزومترها و ارزیابی شبکه مشاهده سطح آب زیرزمینی است [10].

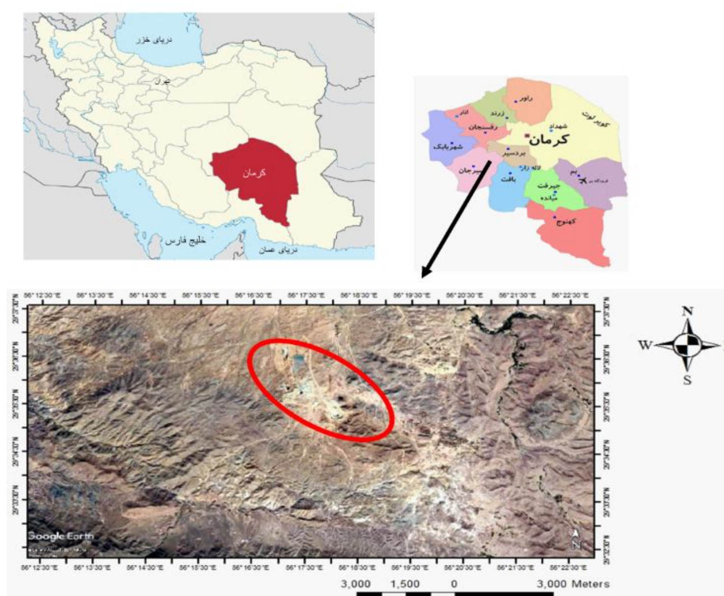
برای شناسایی محل‌هایی با پتانسیل بالای فرار آب در سد تنگاب از کاربرد زمین‌آمار برای نقشه‌های شبیه سازی سه متغیر

شاخص کیفیت سنگ و سیمان‌خوری، لوژان استفاده و تجزیه - تحلیل نق شه‌های احتمال و عدم قطعیت متغیرهای ذکر شده در منطقه موردمطالعه، صـــورت گرفته اســـت. در دو محل واقع در مرکز مخزن و شمال غربی سد، مناطقی با نفوذپذیری بالا وجود دارد. زیرا پتانسـیل فرار آب نیز در این مکان‌ها بیشـتر می‌باشـد. برر سی گسل‌های منطقه موردمطالعه نیز ن شان می‌دهد که تراکم گسل‌ها بیشتر در جناح راست سد می‌باشد و این می‌تواند سبب افزایش نفوذپذیری در این منطقه باشد [4].

در آبخوان سنگی معدن گل‌گهر سیرجان، تحلیل اکتشافی - مکانی داده‌ها شامل موقعیت مکانی، نمودار فراوانی، میانگین و واریانس متحرک، همبستگی متغیرها و تغییرنما بر روی دو متغیر شاخص کیفیت سنگ و لوژان را انجام شده است و از شبیه‌سازی گاوسی متوالی متغیرهای شاخص کیفیت سنگ و لوژان با کمک تغییرنمای مقادیر نرمال استفاده شده است [8].

منطقه مورد مطالعه و ضرورت تحقیق

معدن مس تخت‌گنبد به‌عنوان محدوده‌ی مطالعاتی این تحقیق در 80 کیلومتری شمال شرق سیرجان در استان کرمان واقع شده است (شکل 1). معدن مذکور از نوع روباز بوده و در سال‌های ابتدایی استخراج ماده معدنی قرار داشته و جهت استخراج، نوع پیت روباز پلکانی انتخاب شده است. محدوده‌ی مطالعاتی در تقسیم‌بندی پهنه‌های زمین‌شناسی ایران، در پهنه ایران مرکزی و زیرپهنه ارومیه – دختر یا تبریز – بزمان جای گرفته و بخشی از کمربند فرعی دهج – ساردوئیه در استان کرمان است که در حاشیه جنوب خاور پهنه ایران مرکزی قرار دارد. در منطقه چهارگنبد قدیمی‌ترین سنگ‌ها که دارای روند شمال‌غربی – جنوب شرقی می‌باشند با عنوان آمیزه رنگین شناخته می‌شوند، که از مخلوط ناهمگن سنگ‌های فوق بازی و چرت تشکیل شده‌اند. این سازند با یک ناپیوستگی توسط سنگ‌های آندزیت ویتروفیر، بازالت‌های الیوین‌دار و توف آندزیتی با سن ائوسن پایانی – الیگوسن آغازین پوشیده شده است که سازند علیمراد نامیده می‌شود. مشاهدات میدانی نشان می‌دهد که یک لایه خاک با ضخامت بسیار کم در حدود یک متر در منطقه گسترش دارد. بنابراین آبخوان آبرفتی در محدوده مطالعاتی وجود ندارد. تعداد 69 عدد گمانه اکتشافی در محدوده اطراف پیت معدن تخت گنبد حفر و حین حفاری با استفاده از روش حجمی با دقت 1 لیترداده‌های درصد جریان آب بازگشت حفاری در گمانه‌ها برداشت شده است. به نظر می‌آید بررسی تعیین وضعیت زون‌های تراوا جهت زهکشی معدن و جلوگیری از اخلال در فرآیند استخراج امری ضروری است. لذا ضروری است که محل زون‌های تراوا با استفاده از روش‌های زمین‌آماری شناسایی شوند و در طراحی آینده سیستم زهکشی پیت معدن مدنظر قرار گیرند. بنابراین هدف این تحقیق شناسایی پهنه های تراوا در معدن با استفاده از درصد جریان آب بازگشت حفاری با کمک مطالعات زمین آمار می باشد.



شکل 1 موقعیت جغرافیایی معدن مس تخت گنبد (بر اساس سامانه گوگل ارث)

روش کار

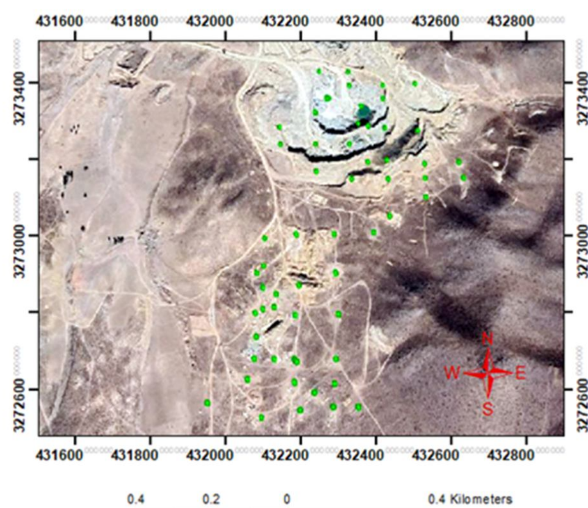
داده‌های آماری از 69 گمانه اکتشافی حفاری در محدوده اطراف پیت معدن تخت گنبد برداشت شده است (شکل 2-الف) و مجموعا 4935 عدد درصد جریان آب بازگشت حفاری ثبت شده است. خلاصه آماری آن در جدول (1) ارائه شده است. در این پژوهش بر روی داده های متغیر جریان آب بازگشت حفاری تحلیل اکتشافی- مکانی، - دکلاسترینگ، مدل‌سازی تغییرنما و شبیه سازی زمین آماری با روش گوسی انجام شده است.

1. تغییرنما: اساسی‌ترین ابزار در زمین‌آمار است که برای تشریح ارتباط مکانی یک متغیر به کار می‌رود. تغییرنما، کمیتی برداری که درجه همبستگی مکانی و شباهت بین نقاط اندازه‌گیری شده را برحسب مربع تفاضل مقدار دونقطه و با توجه به جهت و فاصله آن‌ها نشان می‌دهد معمولا تغییرنما را با علامت $\gamma(h)$ نشان می‌دهند و از رابطه (1) محاسبه می‌شود.

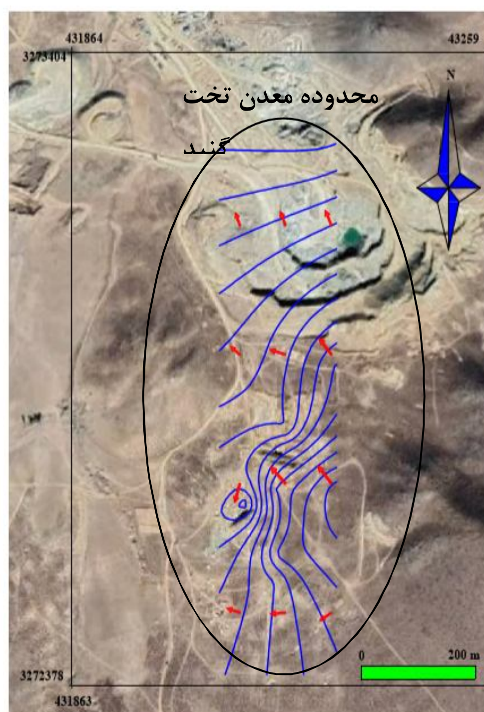
$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum (z(x_i + h) - z(x_i))^2 \qquad (1)$$

که در آن $N(h)$، تعداد جفت نمونه‌های به‌کاررفته در محاسبه که در فاصله h از یکدیگر قرار دارند؛ $Z(xi)$، مقدار مشاهده شد متغیر موردنظر و $Z(xi+h)$، مقدار مشاهده شد متغیر موردنظر که به فاصله h از $Z(xi)$ قرار دارد، است. اگر در محاسبه تغییرنما به ازای هر لگ معین، بردار h نظیر آن لگ در فضا در هر جهتی بتواند قرار گیرد، در این صورت تغییرنمای حاصل را تغییرنمای بدون جهت می‌نامند. این‌گونه تغییرنماها برای بیان تغییرنمای کلی منطقه مناسب می‌باشند و در مواردی که تعداد نقاط اندک باشد این‌گونه تغییرنماها اطلاعات کلی‌تری در مورد منطقه به دست می‌دهند. پس‌ازآنکه یک‌روند و ساختار مشخص برای تغییرنمای بدون جهت محاسبه گردید، در مرحله بعدی می‌توان تغییرنمای جهت‌دار و ناهمسانگردی را محاسبه نمود. تغییرنمای جهت‌دار را می‌توان این‌گونه تعریف نمود. اگر در محاسبه تغییرنما فقط از زوج نقاطی که بردار h آن‌ها (برداری که دونقطه را به هم وصل می‌کند) در امتداد معین و معلومی قرار داشته باشد، استفاده شود، در این صورت آن تغییرنما را تغییرنمای جهت‌دار می‌گویند.

2. شبیه‌سازی گاوسی متوالی: به کارگیری اصل توالی تحت مدل چندگاوسی توابع تصادفی را شبیه‌سازی گاوسی متوالی می‌گویند. این الگوریتم برای شبیه‌سازی یک مشخصه واحد با استفاده از مقادیر واحد و سپس به دست آوردن اطلاعات ثانویه و شبیه‌سازی مشترک چندین مشخصه وابسته، برای اولین بار معرفی شده است. این الگوریتم برای انجام شبیه سازی به داده‌های نرمال استاندارد نیاز دارد.



(الف)



(ب)

شکل 2 موقعیت گمانه‌های اکتشافی (الف) و نقشه‌ی خطوط هم‌پتانسیل و جهت جریان آب زیرزمینی (ب) در محدوده مطالعاتی

جدول 1 خلاصه پارامترهای آماری درصد جریان آب بازگشتی حفاری در گمانه‌های اکتشافی منطقه مورد مطالعه

متغیر	تعداد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	واریانس	دامنه تغییرات	چولگی	کشیدگی
آب بازگشت حفاری	4935	00/00	100/00	65/42	14/84	220/34	0/23	-1/32	6/33

نتایج و بحث

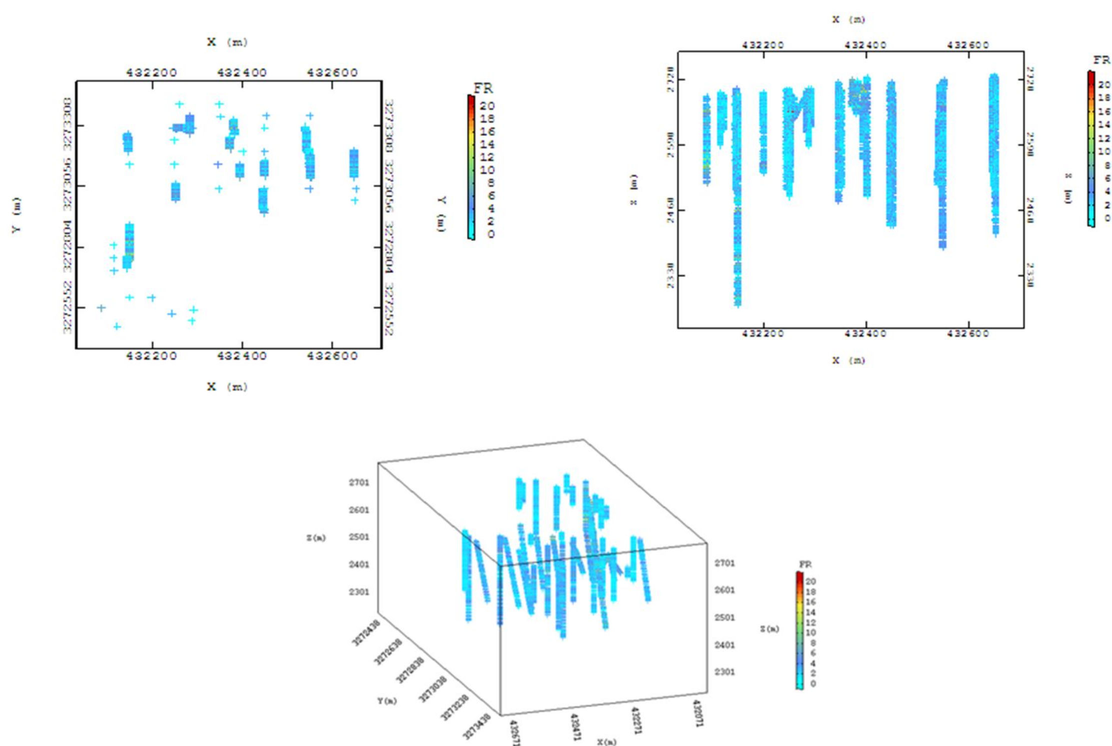
به دلیل وجود درزه و یا مجاری انحلالی در محیط‌های سازندهای سخت و کارستی سطح ایستابی در گمانه‌ها ممکن است با تغییر در مکان و عمق گمانه‌ها تغییر کند و لذا نقشه تراز آب زیرزمینی ترسیم شده همراه با عدم قطعیت خواهد بود. اما به هر حال جهت بررسی و شناخت جهت جریان کلی آب زیرزمینی، براساس ارتفاع سطح ایستابی در گمانه‌های محدوده مطالعاتی، نقشه‌ی خطوط هم‌پتانسیل و جهت جریان آب زیرزمینی عمومی در اطراف پیت معدن در شکل (2) ارائه شده است. دیده می‌شود خطوط جریان از قسمت شرق به غرب معدن و تا حدودی به سمت شمال پیت معدن متمایل می‌باشد. بطور یقین ورود آب زیرزمینی به پیت معدن در فعالیت معدنکاری مشکل ایجاد خواهد کرد؛ نقشه موقعیت مکانی داده‌های متغیر جریان آب بازگشت حفاری در شکل (3) به صورت سه نمای جانبی، پلان و سه‌بعدی تهیه گردید. بیشتر داده‌ها دارای مقادیر پایین و تعداد اندکی مقادیر بالا را شامل می‌شوند. همچنین داده‌های اندکی از قسمت شمال شرقی و غرب معدن برداشت شده است.

همانطور که در شکل (4) دیده می‌شود نمودار فراوانی متغیر جریان آب بازگشت حفاری در 15 کلاس ترسیم شده است، این متغیر دارای میانگین 65/42، انحراف معیار 14/84 و واریانس 220/34 بوده و دامنه تغییرات آن برابر با 85/83 می‌باشد. به‌منظور بررسی نوع توزیع آماری متغیر جریان آب بازگشت حفاری، چولگی و کشیدگی محاسبه شدند که به ترتیب برابر 1/23و 6/83 است. چولگی به سمت مقادیر مثبت می‌باشد که تفاوت اندکی نسبت به مقادیر توزیع نرمال دارند و ضریب کشیدگی بیشتر از 3 نشان‌دهنده عدم وجود توزیع نرمال در مقادیر جریان آب بازگشت حفاری می‌باشد. ارتباط بین متغیر جریان آب بازگشت حفاری و عمق با استفاده از نمودارهای جعبه‌ای با فواصل 50 متر (شکل 4-ب) نشان می‌دهد که یک روند افزایش مقادیر این متغیر با عمق وجود دارد. در این نمودار نیز دیده می‌شود میانگین از میانه کمتر است و چولگی به سمت مقادیر بزرگتر است.

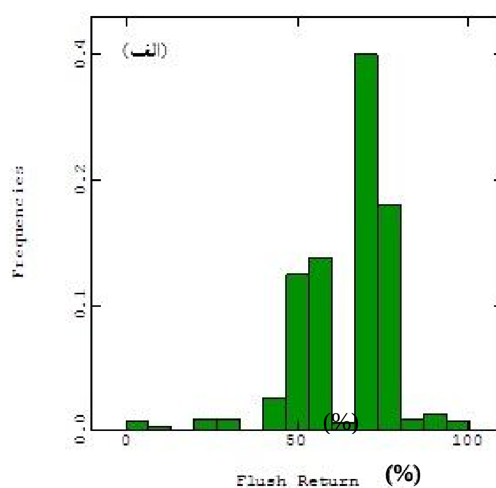
شکل (5)، تغییرنمای بدون جهت و جهت‌دار جریان آب بازگشت حفاری با مدل برازش یافته در آن و نمودار فراوانی تعداد جفت نقاط تغییرنمای تجربی در هر نقطه را نشان می‌دهد. در اغلب موارد متغیرهای ناحیه‌ای در جهات متفاوت پیوستگی مکانی مختلفی را نمایش می‌دهند و باید وجود همسانگردی یا ناهمسانگردی بررسی شود. لذا پارامترهای مؤثر بر روی روند تغییرنما موردبررسی صورت گرفت. روند در جهت‌های مختلف شامل Azimut 0-Dip 0، Azimut 45-DiP 0 ، Azimut 90-Dip 0، Dip 90 انتخاب شده است. سپس مدل‌های تغییرنمای ذکرشده با همدیگر ترکیب و یک مدل واحد تهیه شده است (شکل 6الف). نتایج به دست آمده به‌صورت زیر است:

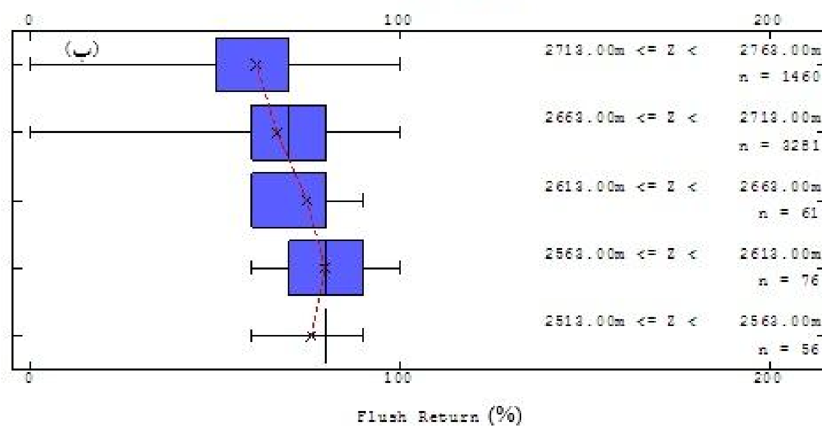
شکل (6- ب)، صفحه XY را در تغییرنمای سه‌بعدی نشان می‌دهد. کشیدگی در امتداد محور X و فشردگی در جهت Y می‌باشد. شکل (6-ج)، صفحه XZ را در تغییرنمای سه‌بعدی نشان می‌دهد. کشیدگی در امتداد محور Xو فشردگی در جهت Z می‌باشد. شکل (6- د)، صفحه YZ را در تغییرنمای سه‌بعدی نشان می‌دهد. علاوه بر شکل ذکرشده پیوستگی مکانی در جهت شرقی– غربی بیشتر است.

بطور کلی در زمان حفاری گمانه در واحدهای سنگی، هر چقدر درصد جریان آب بازگشت حفاری کمتر شود، نشانه‌ای از وجود لایه یا مناطف با تراوایی بیشتر می‌باشد. در شکل (7) نقشه شبیه‌سازی گاوسی متغیر جریان آب بازگشت حفاری در 6 تراز ارتفاعی مختلف در منطقه موردمطالعه ارائه شده است. شکل (7-الف)، مقادیر جریان آب بازگشت حفاری در تراز ارتفاعی 2729 متر را نشان می‌دهد و دیده می شود در قسمت شمال شرقی منطقه جریان آب بازگشت به‌طور متوسط کمتر از بقیه نقاط است. در تراز ارتفاعی 2679 متر (شکل 7- ب) مقادیر این متغیر در نیمه شمالی کمتر می‌باشد. در ترازهای ارتفاعی 2579، 2529 و 2479 متر (شکل 7- ج، د، ه) جریان آب بازگشت حفاری تقریبا تغییرات مکانی چندانی ندارد؛ در حالی‌که در تراز ارتفاعی 2429 متر (شکل 7- و) در سمت غربی منطقه موردمطالعه کاهش شدید نرخ آب بازگشت حفاری دیده می‌شود.

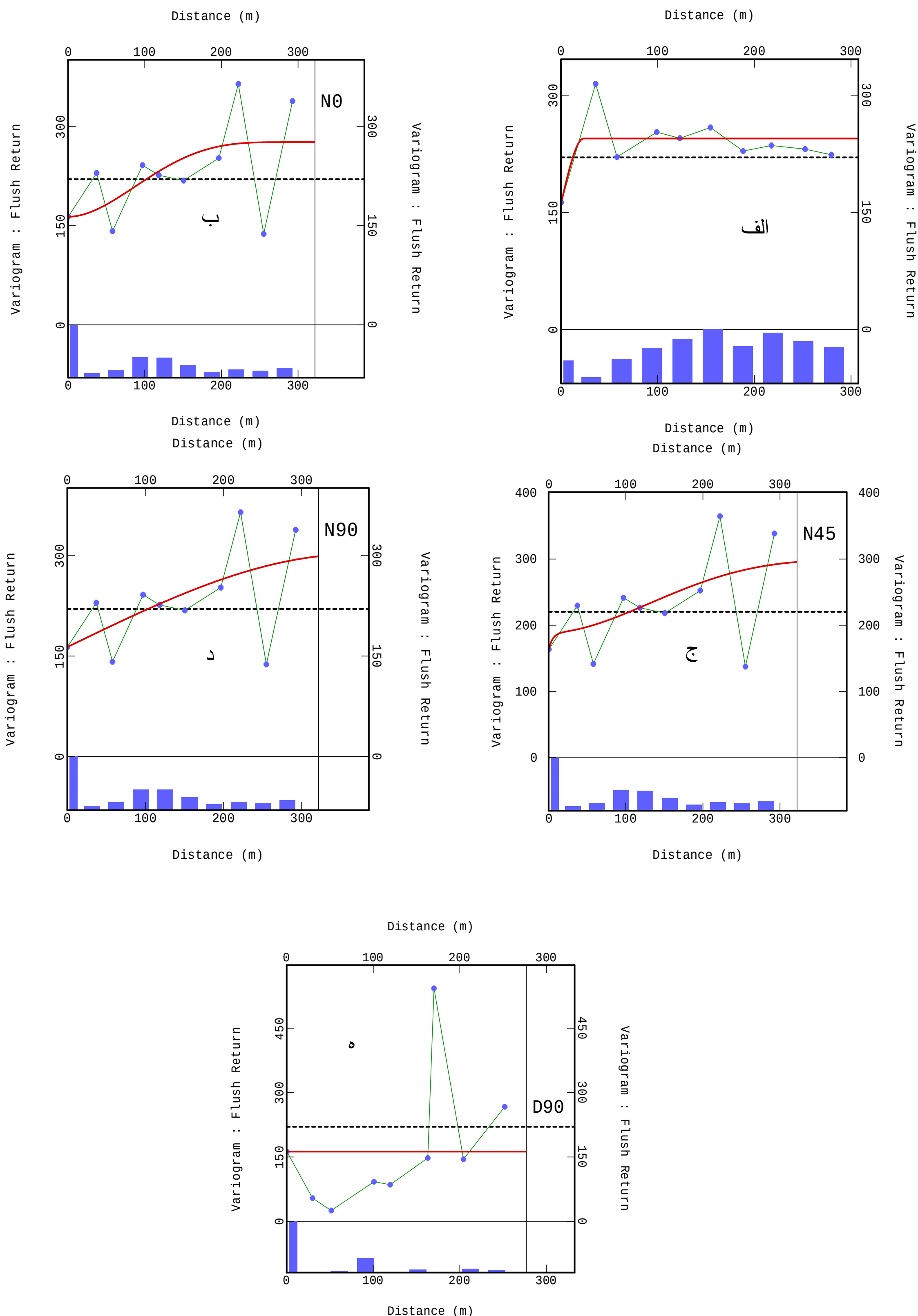


شکل 3 نقشه موقعیت مکانی متغیر درصد جریان آب بازگشت حفاری

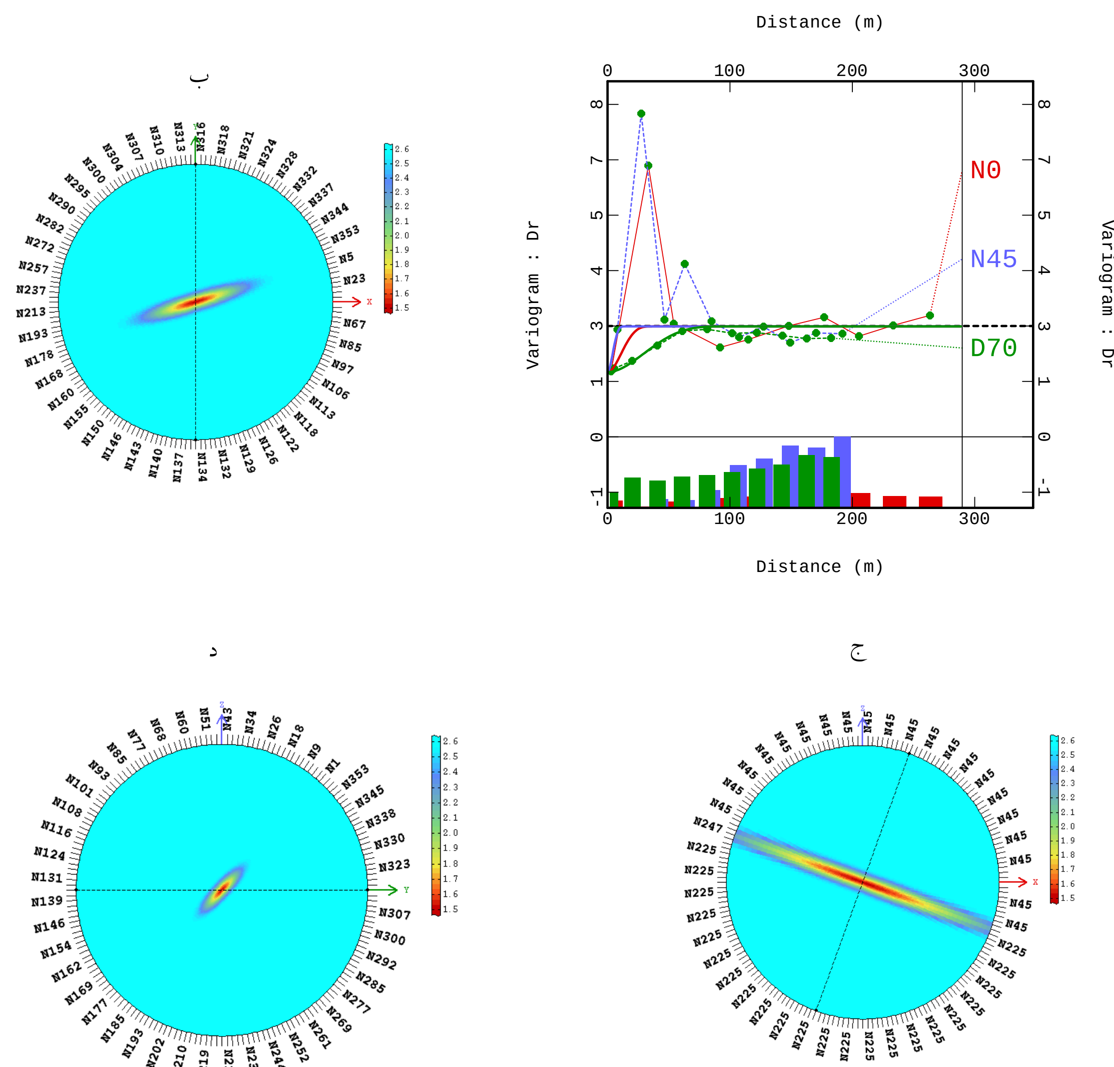




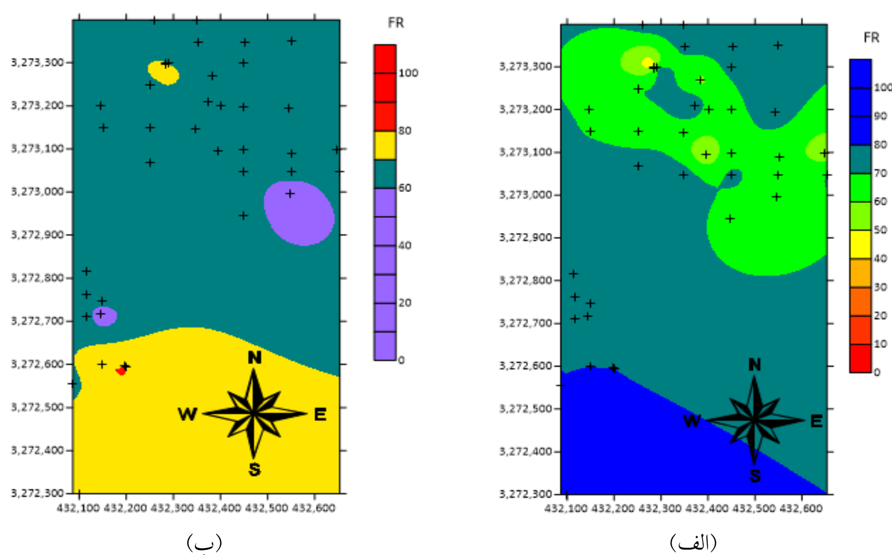
شکل 4 نمودار فراوانی متغیر جریان آب بازگشت حفاری (بدون تخصیص وزن) (الف) و نمودار جعبه‌ای آن در ترازهای ارتفاعی مختلف (فواصل 50 متری)



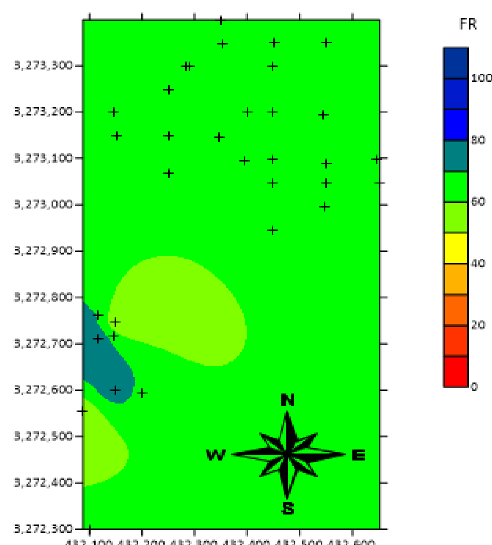
شکل 5 تغییرنمای تجربی و مدل تغییرنمای برازش شده برای مقادیر متغیر جریان آب بازگشت حفاری، (الف) تغییرنمای بدون جهت، (ب) Azimuth 0, Dip 0، (ج) Azimuth 45, Dip 0، (د) Azimuth 90, Dip 0، (ه) Dip 90



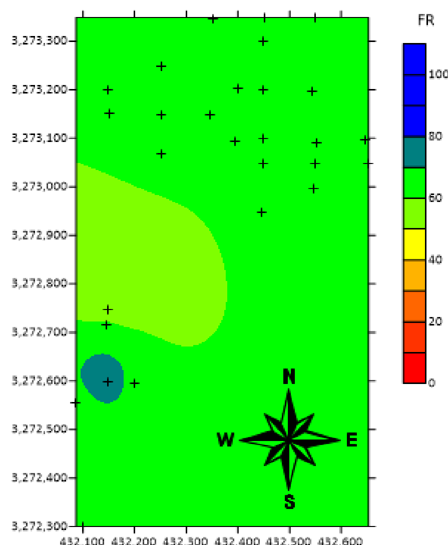
شکل 6 تغییرنمای تجربی برازش شده برای متغیر جریان آب بازگشت حفاری، در امتداد محورهای سه‌بعدی ناهمسانگردی آب بازگشت حفاری تغییرنما و مدل واحد برازش شده آن برای Azimuth 0, Dip 0 (خط قرمزرنگ)، Azimuth 45, Dip 0 (خط آبی رنگ)، (الف) Dip 70(خط سبزرنگ)، (ب) تغییرنمای سه‌بعدی در صفحه XY، (ج) تغییرنمای سه‌بعدی در صفحه‌های XZ، (د) تغییرنمای سه‌بعدی در صفحه‌های YZ



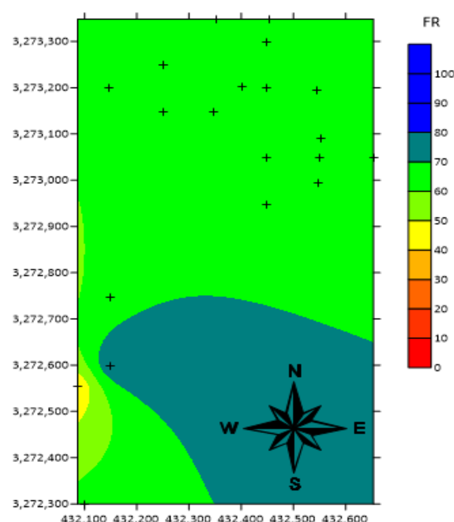
(ب) (الف)



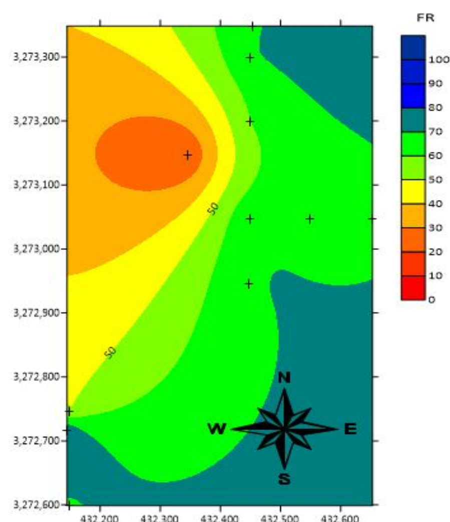
(ج)



(د)



(ه)



(و)

شکل 7 شبیه‌سازی متغیر جریان آب بازگشت حفاری به روش گوسی در تراز ارتفاعی 2729 (الف) 2629 (ب)، 2579 (ج)، 2529 (د)، 2479 (ه) و 2429 (و) متر از سطح دریا

نتیجه‌گیری

آمار مقدماتی نشان داد که متغیر جریان آب بازگشت حفاری نسبت به عمق، در ترازهای ارتفاعی مختلف روندی افزایشی دارد. بررسی پیوستگی مکانی این متغیر بر اساس تغییرنمای بی‌جهت و مدل کروی نشان داد، جریان آب بازگشت حفاری تا حدود 252 متری پیوستگی مکانی دارد. لذا نقشه هم ارزش متغیر با استفاده از روش درون یابی به روش گوسی معتبرتر از روش های درون یابی بدون درنظر گرفتن پیوستگی مکانی، می‌باشد. همچنین تغییر نماهای جهت‌دار نشان دادند در منطقه مطالعاتی پیوستگی مکانی جریان آب بازگشت حفاری در جهت شرقی – غربی بیشتر است. لذا احتمال اینکه پهن های تراوا در جهت شرقی – غربی گسترش پیدا کرده باشند، بیشتر است و در نهایت شبیه‌سازی جریان آب بازگشت حفاری نشان می‌دهد بطور کلی در مناطق شمال شرقی و جنوب غربی معدن، پتانسیل گسترش زون‌های تراوا بالاتر است.

سپاسگزاری

مراجع

[1] M. Eliat, A. Chehrzari, “Combination of image logs analysis and petrophysical evaluation results in order to Porosity and permeability determination”, *The 2nd National Geology and Mining Exploration Symposium*. Iran, (2016). (In Persian).

[2] N. Sasani Nia, B. Habib Nia, H. Ghobadi, “Estimation of porosity and spatial distribution of permeability using geostatistical model in one of the oil fields in southwestern Iran”, *International Conference on Science and Engineering*. Iran, (2015). (In Persian).

[3] M.R. Moshrefi, K. Barkhordari, H. Mosavi, “Evaluation of the geotechnical and geological features of the engineering of the Ivshan reservoir dam”, *Second National Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Development*. (2016). (In Persian).

[4] R. Dehshibi, R. Jahanshahi, M. Mozafari, and A. Assari, “Application of the geostatistics to identification of the high water escape potential locations in the Tangab Dam”, *Ferdowsi Civil Engineering*, vol. 34, no. 4, pp. 15-30, 2022. (In Persian). https://doi.org/10.22067/jfcei.2022.73443.1075

[5] A.A. Anvari, H. Katibeh, H. Mahmoudabadi, “Estimation of equivalent permeability in Amirkabir Tunnel alignment with neural network”, *2nd Iranian Mining Engineering Conference.* Iran, (2008). (In Persian).

[6] A. Assari, and Z. Mohammadi, “Analysis of rock quality designation (RQD) and Lugeon values in a karstic formation using the sequential indicator simulation approach, Karun IV Dam site, Iran”, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, vol. 76, pp. 771-782, 2017. https://doi.org/10.1007/s10064-016-0898-y

[7] L. Lu, K. Kashiwaya, and K. Koike, “Geostatistics-based regional characterization of groundwater chemistry in a sedimentary rock area with faulted setting”, *Environmental Earth Sciences*, vol. 75, no. 829, 2016. *https://doi.org/10.1007/s12665-016-5619-0*

[8] B. Nakhaie Sarvedani, R. Jahanshahi, and A. Assari, “Determining the best places for dewatering wells in the Gohar-Zamin pit mine, using geostatistical method”, *Geopersia*, vol. 12, no. 2, pp. 287-298, 2022.

[9] M. Razack, and T. Lasm, “Geostatistical estimation of the transmissivity in a highly fractured metamorphic and crystalline aquifer (Man-Danane Region, Western Ivory Coast)”. *Journal of Hydrology*, vol. 325, no. 1-4, pp 164-178, 2006. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.10.014

[10] L. Triki, M. Zairi, and H. Ben Dhia, “A geostatistical approach for groundwater head monitoring network optimisation: case of the Sfax superficial aquifer (Tunisia)”, *Water and Environment Journal*, vol. 27, no. 3, pp. 362-372, 2013. https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2012.00352.x

[11] Y. Yu, “*Geostatistical Interpolation and Simulation of RQD Measurements*”, University of British Columbia, 2010. https://doi.org/10.14288/1.0069917